Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 21, No. 3, Fall 2023, p. 319-331

The Effect of Photosynthetic Characteristics and Grain Yield of Different Growth Habit of Wheat Cultivars to Early, usual and Delayed Planting Dates

N. Ziaei Ghahnavieh[1], F. Bazrafshan[1*], D. Amin Azarm[2], O. Alizadeh[3], M. Zare[1]

Received: 20 February 2023 Revised: 29 May 2023 Accepted: 01 June 2023	**How to cite this article:** Ziaei Ghahnavieh, N., Bazrafshan, F., Amin Azarm, D., Alizadeh, O., & Zare, M. (2023). The Effect of Photosynthetic Characteristics and Grain Yield of Different Growth Habitwheat Cultivars to Early, usual and Delayed Planting Dates. *Iranian Journal of Field Crops Research, 21*(3), 319-331. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.81249.1226

Introduction

In recent decades, the introduction of high-yielding cultivars under optimal conditions has been the main focus of grain research programs. The identification of wheat cultivars that have acceptable yields on different planting dates has been taken into account.

Materials and Methods

The present split-plot test was performed with three replications in two cropping years, 2016-2017 and 2017-2018. The main factor included three planting dates (October 20, November 20, and December 20 as early, normal, and delayed planting dates), and the sub-factor included six wheat cultivars (Zare with winter growth habits, Heidari, Pishgam, and Alvand with facultative growth habits, and Sirvan and Pishtaz with spring growth habits). The soil was sampled from a depth of 0 to 30 cm before the experiment, and the physical and chemical traits of the soil were determined. Land preparation steps were performed before the experiment. For this purpose, a land area of 1500 m^2 was plowed by a reversible plow and then leveled. Fertilizer application was performed based on the soil experiment results as 100 $kg.ha^{-1}$ of triple superphosphate, 100 $kg.ha^{-1}$ of potassium sulfate, and 100 $kg.ha^{-1}$ of urea before planting. The rest of the urea fertilizer (200 $kg.ha^{-1}$) was applied at the stage of stem emergence and the beginning of anthesis wheat. Iron, zinc, and manganese fertilizers were also used from their sulfate sources at the rate of 0.2%, which were sprayed in two stages at the beginning of stalking and spiking. Each plot was 5 m long and 2 m wide and consisted of 8 planting rows at a distance of 25 cm. A distance of 50 cm was considered between the two sub-plots and 1 m between the two main plots. The required seed for each experimental plot was determined and distributed based on the density of 400 seeds per m2 based on the weight of 1000 seeds of each cultivar. Irrigation was performed immediately after planting. Agricultural care was applied uniformly, including pest, disease, and weed control. In each subplot, 50 cm from the beginning and end of the rows was considered as the margin. All data were subjected to ANOVA using the GLM procedure of SAS (SAS 9.1) and means were compared by using the Duncan test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that delayed planting reduced nutrient uptake and increased the extinction coefficient. Radiation use efficiency on the planting date of December 20 showed a reduction of 27% and 25%, compared to the planting date of October 20 in 2016-2017 and 2017-2018, respectively. Also, on December 20, Sirvan and Pishtaz cultivars with spring growth habits showed lower extinction coefficients and higher photosynthesis rates than winter and facultative cultivars. On October 20 and November 20, the highest grain yield was obtained in cultivars with winter and facultative growth habits. On December 20, the grain yield was higher in cultivars with

1- Department of Agriculture, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran
2- Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
3- Department of Agriculture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
(*- Corresponding Author Email: bazrafshan2005@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.81249.1226

facultative and spring growth habits than in winter cultivars. Late planting of wheat cultivars with winter growth type, which must receive low temperatures for Vernalization, is very risky. Because delaying planting may lead to a sharp decrease in yield .These negative consequences of the delay in planting may have occurred through disruption of absorption of water, nutrients, and absorption of active photosynthetic radiation. Late cultivation shortens the vegetative growth period and the plant enters the reproductive stage prematurely, and then the plant faces a lack of photosynthetic resources. Also, the grain filling period is faced with drought and heat stress at the end of the season and this final stress causes a sharp decrease in yield.

Conclusion

In general, the delayed planting significantly reduced grain yield, especially in cultivars with winter growth habits. Therefore, it is recommended to use intermediate and spring cultivars for delayed cultivation.

Keywords: Growth habit, Harvest index, Leaf nitrogen, Radiation use efficiency

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص ۳۳۱-۳۱۹

بررسی شاخص‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه ارقام مختلف گندم در تاریخ‌های کاشت زودهنگام، معمولی و تاخیری

نجمه ضیائی قهنویه[1]، فرود بذرافشان[1*]، داوود امین آزرم[2]، امید علیزاده[3]، مهدی زارع[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۱

چکیده

در دهه های گذشته محور اصلی تحقیقات در غلات معرفی ارقام پرمحصول در شرایط بهینه بوده است. بنابراین شناسایی ارقام گندم که در تاریخ‌های مختلف کاشت عملکرد قابل‌قبولی دارند، مورد توجه می‌باشد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده با سه تکرار و در دو سال ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام گردید. عامل اصلی سه تاریخ کاشت (۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر به‌عنوان تاریخ کاشت‌های زودهنگام، معمولی و تاخیری) و عامل فرعی ارقام گندم (زارع با عادت رشد زمستانه، حیدری، پیشگام و الوند با عادت رشد بینابین و سیروان و پیشتاز با عادت رشد بهاره) بود. نتایج نشان داد که تاخیر در کاشت سبب کاهش جذب عناصر غذایی و افزایش ضریب استهلاک نوری شد. کارایی مصرف نوری در تاریخ کاشت ۲۰ آذر نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ مهر در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به‌ترتیب کاهش ۲۷ و ۲۵ درصدی نشان داد. در تاریخ کاشت ۲۰ آذر ارقام سیروان و پیشتاز با عادت رشد بهاره ضریب استهلاک نوری پایین‌تر و سرعت فتوسنتز بالاتری نسبت به ارقام زمستانه و بینابین نشان دادند. تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان بیشترین عملکرد دانه در ارقام با عادت رشد زمستانه و بینابین به‌دست آمد. از سوی دیگر در تاریخ کاشت ۲۰ آذر عملکرد دانه در ارقام با تیپ رشد بینابین و بهاره نسبت به رقم زمستانه بیشتر بود. در مجموع تاخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به‌ویژه در رقم با تیپ رشد زمستانه شده است. بنابراین در کشت تاخیری استفاده از ارقام بینابین و بهاره قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تیپ رشد، شاخص برداشت، کارایی مصرف نور، نیتروژن برگ

مقدمه

گیاه گندم (*Triticum aestivum*) با سطح زیر کاشت ۲۱۶ میلیون هکتار و با عملکرد متوسط ۳/۵ تن در هکتار (با ۱۱ درصد رطوبت) و تولید کل ۷۶۵ میلیون تن از مهم‌ترین محصول زراعی در جهان است (FAOSTAT, 2019). اهمیت اقتصادی گندم ایجاب می‌کند، هرگونه راهکاری برای رسیدن این محصول به پتانسیل واقعی مورد ارزیابی قرار گیرد (Ramadas, Kumar, & Singh, 2020). کشت و نمو این گیاه در بسیاری از نقاط دنیا و در شرایط آب و هوایی مختلف امکان‌پذیر است، اما با تغییر الگوی محیطی در طی سال‌های متمادی سبب افت عملکرد محصول شده است. هرچند که با اتخاذ صحیح مدیریت روش‌هایی مثل تاریخ مناسب کاشت، ارقام، کود و آبیاری می‌توان بخشی از این افت عملکرد را کاهش داد (Hatfield & Dold, 2018). بنابراین استفاده از روش‌هایی مانند کاشت ارقام سازگار، بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک و ارزیابی تاریخ‌های مختلف کاشت و سایر مواردی که امکان توسعه هرچه بیشتر کشت گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک را فراهم کند، در این رابطه مؤثر خواهند بود (Flohr *et al*., 2018).

در دهه‌های گذشته، محور اصلی برنامه‌های تحقیقات به‌نژادی غلات معرفی ارقام پرمحصول در شرایط بهینه بوده‌است. بنابراین شناسایی و معرفی ارقام مختلف گندم که در تاریخ‌های مختلف کاشت عملکرد قابل‌قبولی دارند، در برنامه‌های به‌نژادی مورد توجه قرار گرفته است (Hunt, 2017). عدم شناخت رقم و تاریخ مناسب کاشت با

۱- گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد، فیروزآباد، ایران
۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۳- گروه کشاورزی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: bazrafshan2005@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.81249.1226

کاهش عملکرد در واحد سطح روبه‌رو می‌شود. به‌طوری‌که در اکثر مناطق به دلیل زمان کاشت نامناسب با توجه به تغییرات اقلیمی، گیاه فرصت کافی جهت رشد مناسب را ندارد (Karapinar & Özertan, 2020). بنابراین تعیین تاریخ کاشت صحیح برای گیاهان زراعی از جمله گندم اهمیت به‌سزایی دارد و تاریخ کاشت باید براساس اقلیم هر منطقه به‌طور جداگانه بررسی گردد (Collins & Chenu, 2021). تاریخ کاشت به موقع یک گیاه زراعی، استقرار گیاهچه و تشکیل عملکرد نهایی را تضمین می‌کند. با این حال، تأخیر در کاشت غالباً به دلیل محدودیت‌های غیرقابل کنترل، سبب نقصان عملکرد نهایی در گندم خواهد شد (Shah, Coulter, Ye, & Wu, 2020). با توجه به شرایط اقلیمی حادث شده برای سال‌های مختلف و پاسخ مختلف ارقام گوناگون، انتخاب تاریخ مناسب کاشت در مناطق مختلف اهمیت به‌سزایی دارد (Wu, Feng, Zhang, Gao, & Wang, 2017). در نتیجه تاثیر تاریخ کاشت بر تولید گیاهان زراعی از جمله گندم کاملاً شناخته شده است که سبب تغییر در کمیت و کیفیت بذر حاصل شده می‌شود (Gumuscu *et al*., 2019). کاشت زودهنگام گندم موجب می‌شود که تولید پنجه نابارور زیاد شود و نیز با به سنبله رفتن رقم‌های زودرس در فصل پاییز، گیاه با خطر سرمازدگی مواجه گردد و تعداد زیادی از گلچه‌ها عقیم شود (Cao & Moss, 1994). از سوی دیگر کاشت دیرهنگام باعث کاهش میزان پنجه‌زنی و در نتیجه کاهش تراکم ساقه‌های بارور شود. همچنین در کاشت دیرهنگام، طول دوره زمانی هر مرحله نموی کاهش می‌یابد و این امر به نوبه خود موجب کاهش جذب تشعشع خورشیدی می‌گردد (Rocheford, Sammons, & Baenziger, 1988). در نتیجه تاثیر تاریخ کاشت بر تولید گندم کاملاً شناخته شده است که سبب تغییر عملکرد شده که برای توسعه کشاورزی پایدار مهم است (Gümüşçü, Tenekeci, & Bilgili, 2019). بنابراین نکته مهم در تولید، بهبود شاخص‌های مختلف کمی و کیفی عملکرد با تعیین تاریخ مناسب کاشت است. گزارش‌های محققان نشان می‌دهد که تاریخ مناسب کاشت اثرات موفقیت‌آمیزی بر کمیت و کیفیت عملکرد در شرایط نرمال دارد (Kamara, Ekeleme, Chikoye, & Omoigui, 2009).

بر اساس پژوهش‌ها می‌توان بیان نمود که تولید موفق گیاه گندم علاوه بر شناخت کامل فنولوژی مراحل مختلف، با وضعیت مطلوب محیطی وابسته است. از این رو مدیریت بهتر تاریخ کاشت در ارقام با تیپ‌های رشدی متفاوت بخشی از نوآوری این پژوهش خواهد بود که می‌تواند در چشم‌انداز برای تولیدکنندگان گندم مفید باشد. بنابراین در این پژوهش ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام گندم با عادت‌های رشد متفاوت در تاریخ‌های مختلف کاشت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش و تیمارها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده با سه تکرار و طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در شهر مبارکه، اصفهان، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. عامل اصلی شامل سه تاریخ کاشت (۲۰ مهر و ۲۰ آبان و ۲۰ آذر به‌عنوان تاریخ کاشت‌های زودهنگام و معمول و تاخیری) و عامل فرعی شامل ۶ رقم گندم شامل (زارع با عادت رشد زمستانه، حیدری، پیشگام و الوند با عادت‌های رشد بینابین و سیروان و پیشتاز با عادت رشد بهاره (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر جمهوری اسلامی ایران)) بود. جهت کشت دیم گندم زمستانه بهترین زمان برای رقم زمستانه قبل از شروع بارش موثر پاییزه است که در این شهرستان بارش پاییزه از نیمه آبان شروع می‌گردد. همچنین برای کشت آبی ارقام زمستانه زمان مناسب آبان ماه است بنابراین کشت رقم زمستانه در بیستم مهرماه در شهرستان زودهنگام محسوب می‌گردد (Implementation instructions for the plan to improve wheat self-reliance coefficient, 2019). شاخص‌های آب و هوایی شهرستان مبارکه در طول مراحل رشد گیاه گندم در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در جدول ۱ نمایش داده شده است.

اجرای آزمایش

قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۲).

زمینی به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع به‌وسیله گاوآهن برگرداندار شخم زده و سپس دیسک و تسطیح شد. هر کرت به طول پنج متر و عرض دو متر شامل هشت ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. بین هر دو کرت فرعی فاصله ۵۰ سانتی‌متری و بین هر دو کرت اصلی یک متر در نظر گرفته شد. میزان بذر برای هر کرت آزمایشی براساس تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع و بر مبنای وزن هزار دانه هر رقم تعیین شد. ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره قبل از کاشت استفاده شد. مابقی کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت سرک در مراحل ساقه رفتن و ابتدای گلدهی گندم مصرف شد.

جدول ۱- متغیرهای آب و هوایی شهرستان مبارکه در طول فصل رشد گیاه گندم در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶

Table 1- Weather variables of Mobarakeh city during the growing season of wheat plants in the years 2015-2016 and 2016-2017

سال Year	Month ماه	مجموع بارندگی Total rainfall (mm)	ارتفاع برف تجمعی Cumulative snow height (cm)	میانگین درجه حرارت Average temperature (Celsius)	میانگین حداقل درجه حرارت Average minimum temperature (Celsius)	میانگین حداکثر درجه حرارت Average maximum temperature (Celsius)	ساعات آفتابی sunny hours	میزان تبخیر ماهیانه Monthly evaporation rate (mm)
	October	0	0	17.8	7.5	28.2	302.7	201.7
	November	0.6	0	13.0	3.4	22.6	255	109.2
	December	28	0	5.4	-1.8	12.6	211.6	3.2
	January	6.6	0	5.9	-2.5	14.3	231.1	0
2015-2016	February	12.8	0	4.4	-2.7	11.4	232.6	0
	March	13.4	0	8.1	0.2	15.9	245.3	17.7
	April	19.8	0	14.4	7.0	21.9	244.4	186.1
	May	18.6	0	19.5	11.4	27.6	268.5	224.4
	June	-	-	-	-	-	-	-
	October	0	0	17.8	7.3	28.3	303	199.3
	November	0	0	12.3	2.4	22.1	258.9	113.9
	December	0.7	0	5.5	-3.4	14.4	244.6	3.3
	January	3.2	0	5.6	-.2.9	14.2	226.3	0
2016-2017	February	14.9	0	6.7	-1.4	14.8	235.8	0
	March	11.2	0	11.3	3.6	19.1	255.7	112.8
	April	7.4	0	15.2	7.0	23.3	234.9	198.2
	May	26.8	0	17.5	10.5	24.5	225.5	210.6
	June	8.4	0	24.9	16.6	33.2	346.1	323.8

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

Table 2- Analysis of soil physical and chemical testing

Year	Depth (cm)	Texture	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	O.C	TNV (%)	N	P	K	Mn	Fe	Cu	Zn
										($mg.kg^{-1}$)			
1395-96	0-30	Loam Silty	1.3	7.8	0.87	28	0.09	9.3	168	4.1	5.4	2.1	1.9
1396–97	0-30	Loam Silty	1.2	7.8	0.91	30	0.06	10.2	182	3.6	4.7	1.6	2.2

کودهای آهن، روی و منگنز نیز به‌صورت سولفات به میـزان ۰/۲ درصـد در ابتـدای سـاقه‌رفـتن و ابتـدای ظهـور سـنبله در دو مرحلـه محلول‌پاشی استفاده شد. کلیه مراقبت‌های زراعی از جملـه مبـارزه بـا آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به‌صورت یکنواخت اعمال گردیـد. در هر کرت فرعی ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌ها

محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر بـرگ، یـک گـرم از نمونـه در زمـان شیری دانه و از برگ پرچم خشک شده در کوره با دمـای ۵۰۰ درجـه سانتی‌گراد تبدیل به خاکستر شد. خاکستر به‌دست آمده عصـاره‌گیـری شد. در عصاره به‌دست‌آمده، غلظت فسفر با استفاده از رنگ‌سـنجی بـا معرف مولیبدات-واندات توسط دسـتگاه اسـپکتروفوتومتر مـدل Vis 2100 در طول موج ۴۲۰ نانومتر و پتاسیم بـه روش نشـر شـعله‌ای و توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل G620 اندازه‌گیری شـد. انـدازه‌گیـری نیتروژن برگ پس از هضم نمونه گیاهی براسـاس تیتراسـیون بعـد از تقطیـر توسـط دسـتگاه کجلـدال مـدل V40 انـدازه‌گیـری شـد (Attarzadeh, Balouchi, Rajaie, Dehnavi, & Salehi, 2019).

صفات فیزیولوژیک

زمان اندازه‌گیری شاخص‌های فتوسنتزی از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته در مرحله گلدهی صورت گرفت.

میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کـل بـا اسـتفاده از روش آرنـون (Arnon, 1949) بـا نمونـه‌گیـری تصـادفی از بـرگ‌هـای بـالغ و

عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد. جذب نور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 ساخت کشور آمریکا در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. در نهایت میزان آن‌ها با استفاده از رابطه‌های (۱) تا (۳) محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (\text{mg.g}^{-1}) = (12.7\times\text{OD}.663) - (2.69\times\text{OD}.645)\times V/1000\times W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (\text{mg.g}^{-1}) = (22.9\times\text{OD}.645) - (4.68\text{OD}.663)\times V/1000\times W \quad (۲)$$

$$\text{Chlorophyll a+b} = (\text{mg.g}^{-1}) = (8.02\times\text{OD}.663) + (20.2\times\text{OD}645)\times V/1000\times W \quad (۳)$$

که در آن V حجم نمونه، OD میزان جذب، W وزن تر نمونه است.

در مرحله گلدهی گندم شدت تابش فعال خورشیدی در بالا و پایین پوشش گیاهی توسط دستگاه سنسور کوانتومی LI-191SA (LICOR Inc., Lincoln, NE, USA) ارزیابی شد. در نهایت میزان ضریب استهلاک نوری با روش مونسی و ساکی (Monsi & Saeki, 1953) محاسبه شد.

کارایی مصرف تابش خورشیدی ورودی روزانه با استفاده از ساعت تابش خورشید در معادله آنگستروم محاسبه شد. تابش خورشیدی ورودی روزانه در یک ضریب ۰/۴۸ (Monteith, 1972) ضرب شد تا ضریب ورودی PAR را به‌دست آورد. در نهایت کارایی مصرف نور گزارش شد (Pradhan *et al*., 2014).

اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر مدل LCA4-002 در مرحله‌ی گلدهی انجام گرفت. بدین منظور، اندازه‌گیری این صفت روی جوان‌ترین برگ کاملاً باز شده و بین ساعت ۱۰ صبح تا ۱۴ عصر انجام گرفت.

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک بوته‌های حاصل از یک مترمربع زمین کف بر شده و کل بوته‌ها توزین شد. اندازه‌گیری عملکرد با جداسازی دانه‌ها و توزین عملکرد دانه بر اساس ۱۲ درصد رطوبت به‌دست آمد. شاخص برداشت محصول با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد به‌دست آمد.

آنالیز آماری

در پایان هر سال زراعی محصول کرت‌های آزمایشی به‌طور جداگانه برداشت و تجزیه آماری سالانه عملکرد دانه تیمارها و میانگین‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. تجزیه مرکب طی دو سال نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ

اثر تاریخ کاشت بر نیتروژن و فسفر برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). از سوی دیگر اعداد نشان می‌دهد برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر این صفات تاثیر داشته ولی غیر معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

تاخیر در کاشت سبب کاهش نیتروژن برگ شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان نیتروژن برگ در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و کمترین آن در تاریخ کاشت ۲۰ آذر مشاهده شد (جدول ۴). همچنین نیتروژن برگ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴).

با تاخیر در کاشت فسفر برگ روند کاهشی را نشان داد. بیشترین مقدار فسفر برگ در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر مشاهده شد که نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آذر افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). از سوی دیگر بین فسفر برگ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

اثر تاریخ کاشت و رقم بر مقدار پتاسیم برگ غیر معنی‌دار بود، همچنین این صفت تحت تأثیر برهم‌کنش عوامل آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۳).

تأخیر در زمان کاشت احتمالا از طریق کاهش رشد ریشه و جذب عناصر غذایی سبب کمتر شدن جذب نیتروژن و فسفر شده است. بنابراین احتمالا کاهش محتوای عناصر غذایی در تاریخ کاشت ۲۰ آذر به دلیل کمتر شدن طول دوره رشد خواهد بود. محققان گزارش کردند که کاشت زودهنگام، رشد گیاه را به دلیل بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش خواهد داد. از سوی دیگر کاشت دیرهنگام به دلیل کاهش طول دوره رشد، سبب کاهش منابع می‌شود (Bagheri & Balouchi, 2013).

تاریخ کاشت تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد کمی و کیفی محصولات زراعی دارد. احتمالا بخشی از این تاثیر از طریق فصل کاشت و منابع کودی در نظر گرفته شده است (Mohammadghasemi, Moghaddam, Rahimi, Pourakbar, & Popović-Djordjević, 2021). واقعیت این است که تاخیر در کاشت محصول عملکرد کمتری نسبت به تاریخ کاشت مناسب به‌دست می‌آید که از طریق کاهش جذب و انتقال عناصر غذایی از خاک به ریشه به‌وجود آمده است (Subedi, Ma, & Xue, 2007).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات عناصر غذایی و کلروفیل برگ در گندم تحت‌تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام

Table 3- Analysis of variance (mean square) for studied traits elements and physiological of wheat influenced by different planting dates and cultivars

سال Year	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	نیتروژن برگ Leaf N	فسفر برگ Leaf P	پتاسیم برگ Leaf K	کلروفیلa Chl*a*	کلروفیلb Chl*b*	کلروفیل کل Chl*a+b*
1395-96	تکرار Replication	2	0.146 ns	0.0002 ns	0.237 ns	2.68**	0.567**	0.887**
	تاریخ کشت Planting date	2	0.260*	0.001*	0.033 ns	0.617**	0.314**	1.813**
	خطا ۱ Error 1	4	0.053	0.0002	0.010	0.044	0.067	0.050
	رقم Cultivar	5	0.0009 ns	0.0001 ns	0.025 ns	0.014 *	0.017 **	0.055 **
	رقم × تاریخ کشت interaction	10	0.0009 ns	0.0001 ns	0.005 ns	0.102 ns	0.001 ns	0.016 ns
	خطا۲ Error 2	30	0.031	0.0001	0.015	0.005	0.005	0.015
	ضریب تغییرات CV (%)		9.0	5.6	9.5	3.3	6.3	11.2
1396-97	تکرار replication	2	0.036 ns	0.000005 ns	0.203 ns	0.888**	0.217**	0.252**
	تاریخ کشت Planting date	2	0.394*	0.001*	0.075 ns	0.618**	0.694**	0.620**
	خطا ۱ Error 1	4	0.079	0.00009	0.117	0.023	0.041	0.109
	رقم Cultivar	5	0.003 ns	0.0001 ns	0.043 ns	0.034 **	0.035 **	0.123 **
	رقم × تاریخ کشت interaction	10	0.012 ns	0.00005 ns	0.021 ns	0.007 ns	0.003 ns	0.010 ns
	خطا۲ Error 2	30	0.021	0.0001	0.038	0.009	0.007	0.020
	ضریب تغییرات CV (%)		7.5	5.7	15.6	9.9	7.9	9.2

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار است.

*, **, and ns are significant at the 1 and 5 percent probability level and non-significant, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر ارقام بر نیتروژن و فسفر برگ، کلروفیل a، b، a+b و کارایی مصرف نوری برگ گندم

Table 4- Mean comparison of planting dates for leaf N, leaf P, chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b, and radiation use efficiency of wheat

تاریخ کاشت Planting date	نیتروژن برگ Leaf N (%)		فسفر برگ Leaf P (%)		کلروفیلa Chlorophyll *a* (mg g^{-1} leaf fresh weight)		کلروفیلb Chlorophyll *b* (mg g^{-1} leaf fresh weight)		کلروفیل کل Chlorophyll *a+b* (mg g^{-1} leaf fresh weight)	
	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97
۲۰ مهر 12October	2.10 a	2.13 a	0.200 a	0.197 a	2.51 a	2.48 a	1.29 a	1.25 a	3.80 a	3.74 a
۲۰ آبان 11November	1.97 ab	1.94 ab	0.197 a	0.190 ab	2.36 a	2.35 a	1.20 ab	1.09 a	3.56 b	3.44 a
۲۰ آذر 11December	1.86 b	1.83 b	0.181 b	0.182 b	2.14 b	2.12 b	1.03 b	0.86 b	3.17 c	2.98 b

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by the Duncan test at 5% probability level.

مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی

کلروفیل a رنگدانه اصلی پلاستید در گیاهان و بسیار ضروری برای اندام فتوسنتزی تولیدکننده انرژی شیمیایی است، حساسیت نوری آن بیشتر از انواع دیگر رنگیزه‌هاست (Hatami, Kariman, & Ghorbanpour, 2016). اثر تاریخ کاشت و رقم بر محتوای کلروفیل a و b و کلروفیل کل معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم نتوانست این صفات را تحت تاثیر قرار دهد (جدول ۲).

میزان کلروفیل a در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر به‌ترتیب ۲/۵۱ و ۲/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ بود که نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آذر افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). همچنین میزان کلروفیل a در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. از سوی دیگر در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ میزان کلروفیل a در ارقام پیشگام و الوند با عادت رشد بینابین به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ارقام بر کلروفیل a، b، a+b برگ گندم

Table 5- Mean comparison of cultivars for chlorophyll a, chlorophyll b, and chlorophyll a+b of wheat

رقم Cultivar	کلروفیل a Chlorophyll *a* (mg g[-1] leaf fresh weight)		کلروفیل b Chlorophyll *b* (mg g[-1] leaf fresh weight)		کلروفیل کل Chlorophyll *a+b* (mg g[-1] leaf fresh weight)	
	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97
زارع Zare	2.33 ab	2.33 abc	1.19 ab	1.13 a	3.52 ab	3.46 a
حیدری Heidari	2.33 ab	2.34 ab	1.22 a	1.13 a	3.56 a	3.47 a
پیشگام Pishgam	2.37 ab	2.34 ab	1.21 a	1.08 ab	3.58 a	3.43 a
الوند Alvand	2.39 a	2.40 a	1.18 ab	1.08 ab	3.58 a	3.48 a
سیروان Sirvan	2.29 b	2.23 c	1.13 b	0.98 c	3.42 b	3.22 b
پیشتاز Pishtaz	2.29 b	2.26 bc	1.11 b	1.00 bc	3.41 b	3.26 b

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by the Duncan test at 5% probability level.

بیشترین میزان کلروفیل b در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در تاریخ کاشت ۲۰ مهر مشاهده شد که نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آذر افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). از سوی دیگر در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ میزان کلروفیل b در ارقام با عادت رشد زمستانه و بینابین نسبت به ارقام با عادت رشد بهاره بیشتر بود (جدول ۵).

تاخیر در کاشت سبب کاهش محتوای کلروفیل کل شد، به‌طوری که میزان کاهش محتوای کلروفیل کل در تاریخ کاشت ۲۰ آذر نسبت به ۲۰ مهر در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به‌ترتیب ۱۶/۵ و ۲۰/۳ درصد بود (جدول ۴). بیشترین محتوای کلروفیل کل در ارقام با عادت رشد زمستانه و بینابین مشاهده شد، هرچند ارقام با عادت رشد بهاره محتوای کلروفیل کل کمتری نشان داد (جدول ۵).

در تاریخ کاشت مناسب، مراحل رویشی و زایشی گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده و موجب افزایش بازدهی فتوسنتز، افزایش انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی دانه شده و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (Kamali, Pour, & Soleymani, 2020). بنابراین به نظر می‌رسد کاشت گیاه گندم در تاریخ ۲۰ آذر به علت مصادف شدن اواخر دوره رشد با دمای بالای منطقه سبب کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی شده است. مشخص شده است که اثر تاریخ کاشت روی میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی به واکنش گیاه به فتوپریود و دما وابسته است (Atif, Amin, Ghani, Ali, & Cheng, 2020). میزان تجمع کلروفیل در بافت‌های سبز گیاهی از مهم‌ترین صفت‌های فیزیولوژیکی است که رابطه‌ی مستقیمی با میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی دارد (Baghbani-Arani, Modarres-Sanavy, Mashhadi-Akbar-Boojar, & Mokhtassi-Bidgoli, 2017). همچنین محتوای کلروفیل در گندم از رقم متأثر می‌شود و کاهش بیشتر محتوای کلروفیلی در ارقام زمستانه در تاخیر در کاشت ممکن است به‌دلیل حساسیت بیشتر و ناسازگاری این ارقام به تنش دمایی

آخر فصل باشد و نیز با توجه به نتایج پژوهش حاضر کاهش جذب نیتروژن و فسفر به دلیل کوتاه شدن دوره رشد یکی از مهم‌ترین علل کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در کشت تاخیری بوده است زیرا این دو عنصر غذایی برای ساخت این رنگیزه‌ها لازم و ضروری هستند.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات ضریب استهلاک نوری، کارایی مصرف نوری، سرعت فتوسنتز، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گندم تحت‌تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام

Table 6- Analysis of variance (mean square) for radiation extinction coefficient, radiation use efficiency, photosynthetic rate, biological yield, grain yield, and harvest index of wheat influenced by different planting dates and cultivars.

سال Year	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ضریب استهلاک نوری Radiation extinction coefficient	کارایی مصرف نور Radiation use efficiency	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
1395-96	تکرار Replication	2	0.004*	0.010 ns	0.292 ns	1.12**	0.04**	26.9**
	تاریخ کاشت Planting date	2	0.123**	0.056*	8.280*	0.16**	0.05**	33.1**
	خطای ۱ Error 1	4	0.0003	0.003	0.802	0.007	0.001	4.6
	ارقام Cultivar	5	0.003**	0.0002 ns	0.179 ns	0.023ns	0.019**	72.7**
	برهمکنش interaction	10	0.001**	0.0006 ns	0.523*	0.037**	0.008**	12.6**
	خطای ۲ Error 2	30	0.0003	0.0003	0.198	0.011	0.002	3.18
	ضریب تغییرات CV (%)		9.1	5.4	7.0	8.8	9. 9	4.1
1396-97	تکرار Replication	2	0.001 ns	0.004 ns	0.189 ns	0.019ns	0.002ns	2.27ns
	تاریخ کاشت Planting date	2	0.136**	0.014*	4.838*	0.038*	0.021**	58.7**
	خطای ۱ Error 1	4	0.002	0.004	0.293	0.01	0.006	9.18
	ارقام cultivar	5	0.001**	0.001 ns	0.195 **	0.025*	0.004ns	26.4**
	برهمکنش interaction	10	0.001**	0.002 ns	0.150**	0.018*	0.006*	18.07**
	خطای ۲ Error 2	30	0.0002	0.0005	0.035	0.009	0.002	2.78
	ضریب تغییرات CV (%)		12.5	6.1	9.0	8.3	8.4	3.5

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار است.

*, **, and ns are significant at the 1 and 5 percent probability level and non-significant, respectively.

ضریب استهلاک نوری، کارایی مصرف نوری[1] و سرعت فتوسنتز

اثر تاریخ کاشت بر ضریب استهلاک نوری، کارایی مصرف نور و سرعت فتوسنتز معنی‌دار بود (جدول ۶). از سوی دیگر اثر تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش آن‌ها ضریب استهلاک نوری و سرعت فتوسنتز را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۶).

در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ ضریب استهلاک نوری در تاریخ کاشت ۲۰ مهر در ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷). در سال ۹۶-۱۳۹۵ در تاریخ کاشت ۲۰ آبان کمترین ضریب استهلاک نوری در رقم پیشتاز مشاهده شد. از سوی دیگر تاخیر در کاشت سبب افزایش ضریب استهلاک نوری شد، به‌طوری که ضریب استهلاک نوری در تاریخ کاشت ۲۰ آذر نسبت به ۲۰ مهر در ارقام مختلف افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). لازم به ذکر است که در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در تاریخ کاشت ۲۰ آذر

1- Radiation Use Efficiency=RUE

ارقام سیروان و پیشتاز با عادت رشد بهاره ضریب استهلاک نوری پایین‌تری نسبت به ارقام زمستانه و بینابین نشان دادند.

تاخیر در کاشت سبب کاهش کارایی مصرف نور شد، به‌طوری‌که کارایی مصرف نور در تاریخ کاشت ۲۰ آذر نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ مهر در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به‌ترتیب کاهش ۲۷ و ۲۵ درصدی نشان داد (جدول ۳). همچنین در سال ۹۷-۱۳۹۶ کارایی مصرف نور در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). کارایی مصرف نور به سطح برگ و زاویه برگ و میزان رنگیزه فتوسنتزی بستگی دارد. در کشت تاخیری برای ارقام زمستانه و بینابین چون طول دوره رشد کوتاه می‌شود به نسبت سطح برگ و میزان رنگیزه نیز کاهش یافته در نتیجه کارایی مصرف نور نیز کاهش می‌یابد.

اگرچه در کشت زودهنگام در تاریخ کاشت ۲۰ مهر بالاترین میزان سرعت فتوسنتز در رقم زمستانه مشاهده شد، اما از لحاظ آماری این میزان تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۷). همچنین سرعت فتوسنتز در تاریخ کاشت ۲۰ آبان در ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. از سوی دیگر بیشترین سرعت فتوسنتز در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در تاریخ کاشت ۲۰ آذر در ارقام سیروان و پیشتاز با عادت رشد بهاره مشاهده شد که نسبت به رقم زمستانه اختلاف معنی‌داری نشان داد.

تغییر تاریخ کاشت نه تنها می‌تواند بر رژیم تابشی که محصول در طول فصل رشد در آن رشد می‌کند تاثیر بگذارد، بلکه بر روی رژیم دما نیز تأثیرگذار است. علاوه بر این، کاشت در تاریخ مناسب ممکن است به طول دوره رویشی بیشتر و در نتیجه طولانی‌تر شدن دوره دریافت تشعشع خورشیدی منجر شود (Richards, Preston, Napier, Jenkins, & Maphosa, 2020). همچنین تغییر در تاریخ کاشت با تاثیر بر شاخص‌های دیگر مثل ضریب استهلاک نوری و کارایی مصرف نوری ممکن است به‌طور غیرمستقیم روی عملکرد محصول تاثیرگذار باشد (Lake & Sadras, 2017). گزارش‌های قبلی به‌وضوح نشان می‌دهد که ممکن است جذب تابش خورشید با کاشت زودهنگام بهبود یابد. بنابراین محققان تغییر در میزان دریافت تشعشع را به دلیل تغییر در تاریخ کاشت نسبت دادند (Mubvuma, Ogola, & Mhizha, 2021). از سوی دیگر تغییر در دریافت تشعشع کل در بین ارقام مختلف را به دلیل اختلاف در طول دوره رشد و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی گزارش شده است (Bhattacharya, 2018). ضریب استهلاک نوری از ضرایب مهمی است که نشانگر میزان کاهش نور در جامعه گیاهی می‌باشد (Khayamim, Mazaheri, Banayan Aval, Gauhari, & Jahansoz, 2001). بنابراین افزایش این صفت نامطلوب است. زیرا اگر مقدار این ضریب بالا باشد یعنی میزان نور دریافتی گیاه کاهش یافته که دلیل آن می‌تواند کاهش سطح برگ و یا میزان رنگیزه‌ها باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد کاهش میزان رنگیزه در کشت دیرهنگام ممکن است یکی از دلایل افزایش ضریب استهلاک نوری باشد.

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

اثر تاریخ کاشت، رقم و برهمکنش آن‌ها عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۶). در تاریخ کاشت ۲۰ مهر بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم زمستانه زارع مشاهده شد، اما تاخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک در هر دو سال در این رقم شد. در تاریخ کاشت ۲۰ آبان در هر دو سال ارقام با عادت رشد بینابین میزان عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به رقم زمستانه نشان دادند (جدول ۷).

در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان بیشترین عملکرد دانه در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در ارقام با عادت رشد زمستانه و بینابین به‌دست آمد (جدول ۷). همچنین ارقام سیروان و پیشتاز با عادت رشد بهاره میزان عملکرد دانه کمتری داشتند. از سوی دیگر در تاریخ کاشت ۲۰ آبان و ۲۰ آذر عملکرد دانه در ارقام با تیپ رشد بینابین و بهاره نسبت به ارقام زمستانه بیشتر بود. بنابراین به نظر می‌رسد تاخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه بالاخص در رقم با تیپ رشد زمستانه شده است (جدول ۶).

در سال ۹۶-۱۳۹۵ با تاریخ کاشت ۲۰ مهر و ۲۰ آبان شاخص برداشت گندم در ارقام با تیپ رشد زمستانه نسبت به تیپ بهاره افزایش نشان داد، هرچند که در سال ۹۷-۱۳۹۶ بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). از سوی دیگر در تاریخ کاشت ۲۰ آذر بیشترین شاخص برداشت گندم در ارقام با تیپ رشد بینابین مشاهده شد، هرچند که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

تأخیر در زمان کاشت باعث کوتاه شدن طول دوره رشد گیاه می‌شود و در نتیجه گیاه ماده خشک کمتری تولید می‌کند. بنابراین کاهش عملکرد بیولوژیک با تأخیر در کاشت نیز مؤید این امر می‌باشد (Hu & Wiatrak, 2012). محققان گزارش کردند که اثرات زیان‌بار تأخیر در کاشت به دلیل تنش گرمای انتهایی دوره رشد از طریق تأثیر بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بوده است (Kamaei, Eisvand, Daneshvar, & Nazarian, 2019). بنابراین احتمالا کاهش در میزان شاخص‌های رشد از جمله عملکرد بیولوژیکی در تاریخ کاشت ۲۰ آذر در نتیجه کاهش محتوای کلروفیل و اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی حاصل شده است. از سوی دیگر با توجه به این‌که ارقام زمستانه حتما باید دماهای پایین دریافت نمایند تا عمل بهاره شدن در آن‌ها صورت پذیرد و متعاقبا وارد مرحله زایشی شوند. بنابراین بررسی تاخیر در کاشت این ارقام از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Dai *et al.*, 2017).

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش اثر تاریخ کاشت و ارقام بر ضریب استهلاک نوری، سرعت فتوسنتز، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

Table 7- Mean comparison of interactions of planting dates and cultivars for radiation extinction coefficient, photosynthetic rate, biological yield, grain yield, and harvest index of wheat

تاریخ کاشت Planting date	رقم Cultivar	ضریب استهلاک نوری Radiation extinction coefficient		سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate (μmol m^{-2} s^{-1})		عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})		عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})		شاخص برداشت Harvest index (%)	
		1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97	1395-96	1396-97
۲۰ مهر 12Oct.	Zare	0.527^{f}	0.530^{e}	7.20^{a}	6.75^{a}	14020^{a}	12520^{b}	6535^{a}	6320^{a}	46.6^{ab}	50.2^{a}
	Heidari	0.540^{f}	0.525^{e}	7.22^{a}	6.78^{a}	11630^{cd}	12650^{b}	5830^{b}	6335^{a}	49.9^{a}	50.1^{a}
	Pishgam	0.536^{f}	0.529^{e}	7.10^{a}	6.67^{abc}	12840^{b}	12720^{ab}	5620^{bc}	6022^{a}	43.2^{ab}	47.7^{ab}
	Alvand	0.526^{f}	0.518^{e}	7.06^{a}	6.67^{abc}	13040^{b}	11430^{d}	6050^{ab}	5415^{b}	46.5^{ab}	47.5^{ab}
	Sirvan	0.536^{f}	0.516^{e}	6.82^{ab}	6.68^{ab}	12220^{c}	11832^{cd}	4915^{c}	5120^{c}	40.8^{b}	43.0^{ab}
	Pishtaz	0.527^{f}	0.532^{e}	6.83^{ab}	6.67^{abc}	12925^{b}	13330^{a}	5040^{c}	5820^{ab}	39.1^{b}	43.9^{ab}
۲۰ آبان 11Nov.	Zare	0.625^{d}	0.621^{d}	6.44^{abc}	6.14^{de}	12930^{b}	10340^{ef}	5930^{b}	5220^{c}	45.6^{ab}	50.4^{a}
	Heidari	0.627^{d}	0.616^{d}	6.48^{abc}	6.28^{d}	13300^{ab}	10725^{e}	6025^{ab}	5425^{bc}	45.2^{ab}	50.2^{a}
	Pishgam	0.629^{d}	0.618^{d}	6.48^{abc}	6.34^{bcd}	13730^{a}	13035^{a}	5520^{bc}	6108^{a}	40.3^{b}	47.3^{ab}
	Alvand	0.624^{d}	0.613^{d}	6.53^{abc}	6.32^{cd}	13140^{b}	12210^{bc}	6108^{b}	6320^{a}	46.5^{ab}	52.2^{a}
	Sirvan	0.609^{de}	0.619^{d}	6.9^{abc}	6.30^{d}	11320^{d}	12908^{ab}	5130^{c}	6110^{a}	45.1^{ab}	47.2^{ab}
	Pishtaz	0.590^{e}	0.624^{d}	6.47^{abc}	6.34^{bcd}	12125^{c}	11910^{c}	4640^{c}	5720^{bc}	38.2^{b}	47.8^{ab}
۲۰ آذر 11Dec.	Zare	0.747^{a}	0.729^{ab}	5.09^{e}	5.18^{g}	10808^{e}	10800^{e}	4710^{d}	3512^{d}	40.0^{b}	43.2^{ab}
	Heidari	0.741^{ab}	0.735^{a}	5.13^{e}	5.27^{g}	12308^{b}	12300^{b}	5110^{cd}	4320^{cd}	39.4^{b}	41.6^{b}
	Pishgam	0.712^{bc}	0.705^{b}	5.84^{cde}	5.69^{f}	11625^{cd}	11110de	5024^{c}	5410^{bc}	43.3^{ab}	48.9^{ab}
	Alvand	0.703^{c}	0.704^{b}	5.85^{cde}	5.73^{f}	11310^{d}	11300^{d}	5320^{c}	5400^{bc}	45.1^{ab}	47.4^{ab}
	Sirvan	0.641^{d}	0.660^{c}	6.09^{bcd}	5.93^{ef}	11235^{d}	11200^{d}	5116^{cd}	4320^{cd}	41.4^{b}	45.5^{ab}
	Pishtaz	0.643^{d}	0.660^{c}	6.10^{bcd}	5.69^{de}	12205^{bc}	12200^{bc}	5720^{ab}	5115^{cd}	40.9^{b}	46.9^{ab}

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by the Duncan test at 5% probability level.

اما ارقام بهاره نیازی به کسب دماهای پایین ندارند. این ارقام به دلیل این‌که زودتر وارد مرحله زایشی شده در نتیجه از تحمل پایین‌تری نسبت به سرما برخوردارند. در نتیجه تعیین تاریخ کاشت بهینه برای هر رقم با تیپ رشدی متفاوت باید به نحوی باشد که در شرایط مطلوبی قرار گیرد (Forster, Ransom, Manthey, Rickertsen, & Mehring, 2017).

نتیجه‌گیری

کشت دیرهنگام در رقم زارع با تیپ رشد زمستانه که باید دماهای پایین برای بهاره‌سازی دریافت نمایند، بسیار مخاطره‌آمیز است، زیرا ممکن است تعویق کاشت منجر به کاهش شدید عملکرد گردد. این پیامدهای منفی تأخیر در کاشت احتمالا از طریق اختلال در جذب آب، عناصر غذایی و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی حادث شده است.

کشت دیرهنگام باعث کوتاه شدن دوره رشد رویشی شده و گیاه زودتر از آن وارد مرحله زایشی شده و در ادامه گیاه با کمبود منابع فتوسنتزی مواجه شده است. همچنین دوره پرشدن دانه با تنش خشکی و گرمای انتهای فصل روبه‌رو شده و این تنش انتهایی سبب کاهش شدید عملکرد می‌شود. بنابراین کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گندم در تاریخ کاشت نامناسب چشم‌گیر خواهد بود. از سوی دیگر خسارت سرمای زمستانه در کشت زودهنگام در ارقام سیروان و پیشتاز با تیپ رشد بهاره موجب شده است که عملکرد کم‌تری نشان دهند. در مجموع برای کشت زودهنگام به دلیل این‌که عملکرد دانه در ارقام با تیپ رشد زمستانه افزایش می‌یابد کشت ارقام زمستانه توصیه گردد، اما در کشت تاخیری استفاده از ارقام بینابین و بهاره قابل‌توصیه است.

References

1. Arnon, D. E. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase (*Beta vulgaris*). *Plant Physiology*, *24*, 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1
2. Atif, M. J., Amin, B., Ghani, M. I., Ali, M., & Cheng, Z. (2020). Variation in morphological and quality

parameters in garlic (*Allium sativum* L.) bulb influenced by different photoperiod, temperature, sowing and harvesting time. *Plants, 9*, 155. https://doi.org/10.3390/plants9020155

3. Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M. M., & Salehi, A. (2019). Improvement of Echinacea purpurea performance by integration of phosphorus with soil microorganisms under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management, 221*, 238-247. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.022
4. Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2017). Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. *Industrial Crops and Products, 109*, 346-357. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.049
5. Bagheri, F., & Balouchi, H. R. (2013). The effect of planting date on some quantitative and qualitative traits of nine grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars in Yasouj region. *Journal of Crop Production and Processing, 3*(9), 29-43. (In Persian with English abstract). http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-1933-en.html
6. Bhattacharya, A. (2018). *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants*. Academic Press.
7. Cao, W., & Moss, D. N. (1994). Sensitivity of winter wheat phyllochron to environmental changes. *Agronomy Journal, 86*, 63-66. https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600010012x
8. Collins, B., & Chenu, K. (2021). Improving productivity of Australian wheat by adapting sowing date and genotype phenology to future climate. *Climate Risk Management, 32*, 100300. https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100300
9. Dai, X., Wang, Y., Dong, X., Qian, T., Yin, L., Dong, S., Chu, J., & He, M. (2017). Delayed sowing can increase lodging resistance while maintaining grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat. *The Crop Journal, 5*, 541-552. https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.003
10. FAOSTAT. (2019). Food and Agriculture Data vol 2019 (Rome: Statistical Division).
11. Flohr, B., Hunt, J., Kirkegaard, J., Evans, J., Trevaskis, B., Zwart, A., Swan, A., Fletcher, A., & Rheinheimer, B. (2018). Fast winter wheat phenology can stabilise flowering date and maximise grain yield in semi-arid Mediterranean and temperate environments. *Field Crops Research, 223*, 12-25. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.021
12. Forster, S. M., Ransom, J. K., Manthey, F. A., Rickertsen, J. R., & Mehring, G. H. (2017). Planting date, seeding rate, and cultivar impact agronomic traits and semolina of durum wheat. *American Journal of Plant Sciences, 8*, 2040. https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89137
13. Gümüşçü, A., Tenekeci, M. E., & Bilgili, A. V. (2019). Estimation of wheat planting date using machine learning algorithms based on available climate data. *Sustainable Computing: Informatics and Systems* 100308. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2019.01.010
14. Hatami, M., Kariman, Kh., & Ghorbanpour, M. (2016). Engineered nanomaterial-mediated changes in the metabolism of terrestrial plants. *Science of the Total Environment, 571*, 275-291. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.184
15. Hatfield, J. L. & Dold, C. (2018). Agroclimatology and wheat production: coping with climate change. *Frontiers in Plant Science, 9*, 224. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00224
16. Hu, M., & Wiatrak, P. (2012). Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality. *Agronomy Journal, 104*, 785-790. https://doi.org/10.2134/agronj2011.0382
17. Hunt, J. R. (2017). Winter wheat cultivars in Australian farming systems: a review. *Crop and Pasture Science, 68*, 501-515. https://doi.org/10.1071/CP17173
18. Kamaei, H., Eisvand, H. R., Daneshvar, M., & Nazarian, F. (2019). The study effects of planting date, phosphate Bio-fertilizer and foliar application of zinc and boron on leaf area index, leaf area duration, leaf relative water content, cell membrane stability, quantum efficiency of PSII, leaf proline content and grain yield of bread wheat. *Plant Process and Function, 8*(29), 59-74. http://jispp.iut.ac.ir/article-1-859-en.html
19. Kamali, N., Pour, M. K., & Soleymani, A. (2020). Light absorption and light extinction in barley (*Hordeum vulgare* L.) as affected by planting dates and plant genotypes. *Theoretical and Applied Climatology, 142*, 589-597. https://doi.org/10.1007/s00704-020-03342-w
20. Kamara, A.Y., Ekeleme, F., Chikoye, D., & Omoigui, L.O. (2009). Planting date and cultivar effects on grain yield in dryland corn production. *Agronomy Journal, 101*, 91-98. https://doi.org/10.2134/agronj2008.0090
21. Karapinar, B., & Özertan, G. (2020). Yield implications of date and cultivar adaptation to wheat phenological shifts: a survey of farmers in Turkey. *Climatic Change, 158*, 453-472. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02532-4
22. Khayamim, S., Mazaheri, M., Banayan Aval, J., Gauhari, V. M., & Jahansoz, R. (2001). Determination of sugar beet extinction coefficient and radiation use efficiency at different plant density and nitrogen use levels. *Sugar beet, 18*(1), 51-66. https://doi.org/10.22092/JSB.2002.8221
23. Lake, L., & Sadras, V. (2017). Associations between yield, intercepted radiation and radiation-use efficiency in chickpea. *Crop and Pasture Science, 68*(2), 140-147. https://doi.org/10.1071/CP16356
24. Mohammadghasemi, V., Moghaddam, S. S., Rahimi, A., Pourakbar, L., & Popović-Djordjević, J. (2021). Morpho-

biochemical traits and macro-elements of Lallemantia iberica (MB) Fischer & Meyer, as affected by winter (late autumn) sowing, chemical and nano-fertilizer sources. *Acta Physiologiae Plantarum*, *43*, 1-19. https://doi.org/10.1007/s11738-020-03169-y

25. Monsi, M., & Saeki, T. (1953). Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany*, *14*, 22-52.
26. Monteith, J. L. (1972). Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, *9*, 747-766. https://doi.org/10.2307/2401901
27. Mubvuma, M. T., Ogola, J. B., & Mhizha, T. (2021). Effect of planting date and genotype on intercepted radiation and radiation use efficiency in chickpea crop (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food and Agriculture*, *7*, 1899422. https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1899422
28. Pradhan, S., Sehgal, V. K., Das, D. K., Jain, A. K., Bandyopadhyay, K. K., & Singh, R. (2014). Effect of weather on seed yield and radiation and water use efficiency of mustard cultivars in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, *139*, 43-52. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.03.005
29. Ramadas, S., Kumar, T., & Singh, G. P. (2020). Wheat production in India: Trends and prospects. Recent Advances in Grain Crops Research. https://doi.org/10.5772/intechopen.86341
30. Richards, M. F., Preston, A. L., Napier, T., Jenkins, L., & Maphosa, L. (2020). Sowing Date Affects the Timing and Duration of Key Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Growth Phases. *Plants*, *9*(10), p 1257. https://doi.org/10.3390/plants9101257
31. Rocheford, T., Sammons, D., & Baenziger, P. (1988). Planting date in relation to yield and yield components of wheat in the middle Atlantic region. *Agronomy Journal*, *80*, 30-34. https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000010007x
32. Shah, F., Coulter, J. A., Ye, C., & Wu, W. (2020). Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate. *European Journal of Agronomy*, *119*, 126120. https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126120
33. Subedi, K., Ma, B., & Xue, A. (2007). Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Science*, *47*, 36-44. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.02.0099
34. Wu, L., Feng, L., Zhang, Y., Gao, J., & Wang, J. (2017). Comparison of five wheat models simulating phenology under different sowing dates and varieties. *Agronomy Journal*, *109*, 1280-1293. https://doi.org/10.2134/agronj2016.10.0619